

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Características Morfodinâmicas e Sedimentológicas das Praias Oceânicas Entre Rio Grande e Chuí, RS

Lauro Julio Calliari, Antonio Henrique Klein
Pesquisas em Geociências, 20 (1): 45-56, Mai./Ago., 1993.

Versão online disponível em:
<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21281>

Publicado por
Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - Mai./Ago., 1993.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Características Morfodinâmicas e Sedimentológicas das Praias Oceânicas Entre Rio Grande e Chuí, RS

LAURO JÚLIO CALLIARI E ANTONIO HENRIQUE DA F. KLEIN

Departamento de Geociências, FURG, Caixa Postal 474, CEP 96500-900, Rio Grande, RS, Brasil

(Recebido em 12/02/93. Aceito para publicação em 22/06/93.)

Abstract — The combination of changes in sediment grain size and the hydrodynamic and aeolian regimes, causes beach differentiation along the coastline between Rio Grande and Chuí (Southern Brazil). Based on several morphometric parameters obtained during a one year period, three zones with distinct morphodynamic behavior, can be identified: beaches near Rio Grande display dissipative characteristics; an area called "Concheiros", located south of Albardão lighthouse, represents intermediate to more reflective beaches; at other locations, beaches show an intermediate stage. Differences in morphodynamic behavior between these regions are also displayed by beach face steepness, frequency of secondary morphological features, erosional characteristics, and associated hydrodynamics. A seasonal behavior is superimposed on this general morphodynamic pattern, owing to the wave climate regime with a tendency to develop a swell profile, between november and march, and a storm profile during the remainder of the year.

Resumo — A interação entre tamanho de grão e os regimes hidrodinâmico e eólico causam diferenciação praial ao longo da costa sul brasileira, entre Rio Grande e Chuí. Com base em vários parâmetros morfométricos, medidos durante o período de um ano, três zonas com características morfodinâmicas distintas são evidenciadas: praias próximas a Rio Grande apresentam características dissipativas; a zona conhecida como "Concheiros", localizada ao sul do farol do Albardão, oscila entre os estágios intermediário e reflectivo, e no restante da área, as praias tendem a permanecer em estágio intermediário. Diferenças em comportamento morfodinâmico entre essas zonas são evidenciadas pela declividade da praia, frequência de feições morfológicas secundárias, características erosivas e hidrodinâmica associada. Superimposto a este padrão geral, existe um comportamento sazonal devido ao regime de ondas predominante na costa com tendências ao desenvolvimento do perfil de acreção, entre novembro e março, e do perfil de erosão no restante do ano.

INTRODUÇÃO

A interação entre o material formador de praias e a energia proveniente dos ventos, ondas e correntes determinam as características morfodinâmicas de um sistema praial (Wright & Short, 1984). Do lado oceânico, os processos que determinam estas características começam a operar a distâncias consideráveis, sendo mais efetivos na zona de arrebentação, onde as ondas dissipam sua energia executando trabalho, isto é, movendo sedimento e, conseqüentemente, modificando a morfologia através de processos de erosão e acreção. Processos importantes, do lado continental, envolvem principalmente a direção e a intensidade do vento local modelando as dunas frontais e a pós-praia.

O regime da zona de arrebentação varia temporalmente em função do clima de ondas. Variações espaciais da zona de arrebentação, gerando diferença em comportamento praial, são devidas às transformações das ondas à medida que estas se propagam em águas rasas. A declividade, largura, batimetria e tipo de fundo da plataforma continental e a orientação da costa estão entre os fatores que influenciam nestas transformações. Variações temporais e espaciais são também dependentes do tipo e abundância dos sedimentos que compõem o sistema praial (Sonu, 1973; Sunamura, 1984).

Variações no nível de energia hidrodinâmica ao longo da costa em função da morfologia da plataforma interna adjacente, e a ocorrência localizada de biodetritos, induzem diferenciação praial ao longo dos 215 km da costa sul-rio-grandense, entre Rio Grande e Chuí

(Calliari & Klein, no prelo). Estas diferenciações são traduzidas em termos de forma, largura, declividade, frequência de feições morfológicas secundárias, características erosivas e hidrodinâmica associada (Calliari & Klein, no prelo).

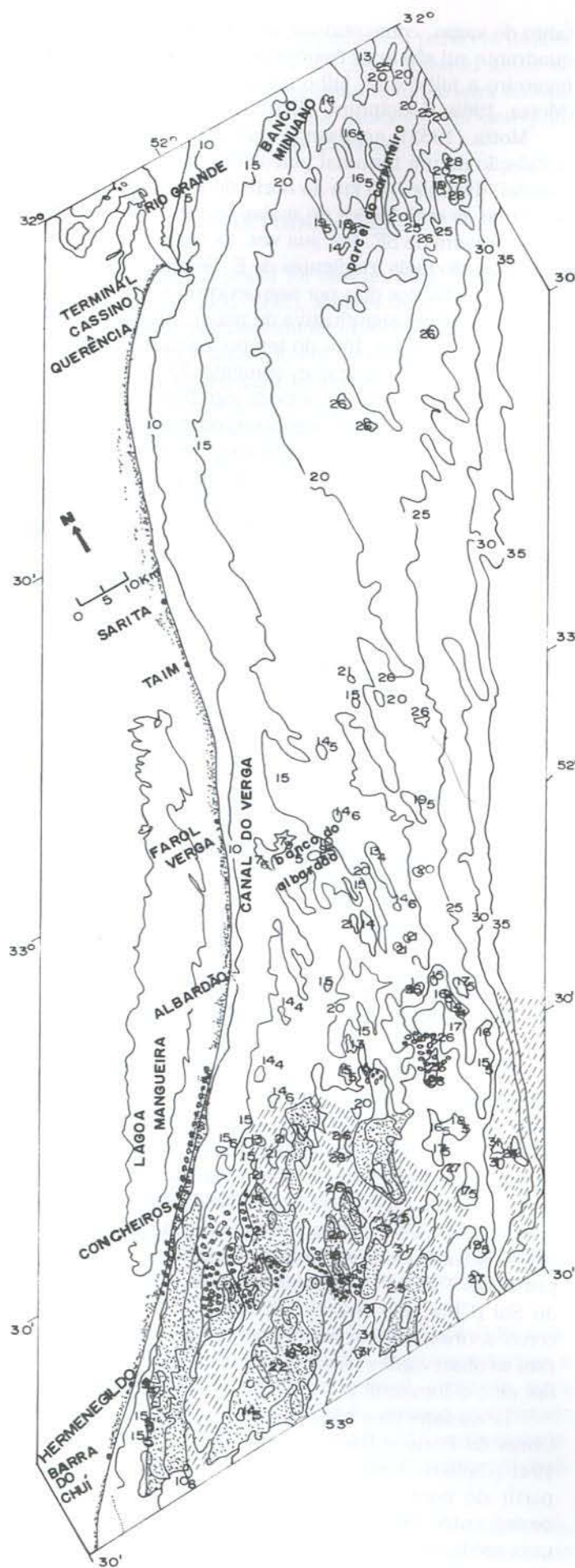
Este trabalho analisa, sob o enfoque morfodinâmico (Short, 1980; Wright & Short, 1984), variações espaciais e temporais de praias no Sul do Brasil, com base em dados obtidos durante o período de um ano.

ÁREA DE ESTUDO

A área estudada está delimitada, em seu extremo norte, pela embocadura do sistema Lagunar Patos-Mirim e, ao sul, pelo Arroio Chuí (Fig. 1). Geograficamente esta área é denominada de restinga do Rio Grande (Vieira & Rangel, 1988).

A associação entre a configuração da linha de praia e a largura da plataforma continental contribui para um regime médio de energia de ondas, com altura significativa mais freqüente de 1,5 metros associada a um regime de micromaré, proporcionando um bom exemplo de uma restinga dominada por ondas.

Com base nas características fisiográficas, Seeliger (1992) identificou, entre Cassino e Hermenegildo, três tipos diferentes de sistemas de dunas frontais: a região norte, entre Cassino e 33° S (proximidade sul do farol da Verga), caracterizada por dunas frontais bem desenvolvidas (main foredunes), com expressões topográficas de 3 a 6 m de altura; o extremo sul da área

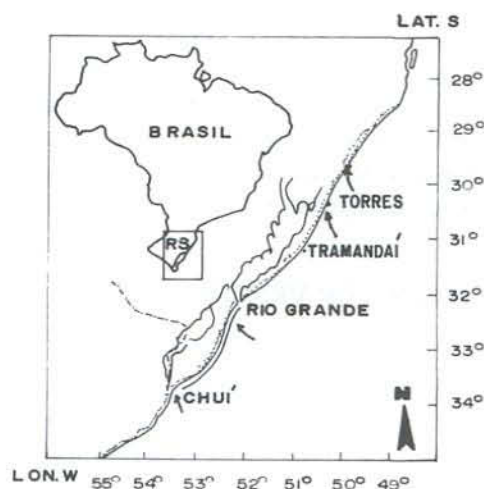





caracterizado por planícies arenosas (sand plains), sem expressões topográficas significativas, formando dunas interiores móveis que progradam sobre a Lagoa Mangueira e os pântanos adjacentes; e, separando estas duas áreas extremas existe uma região de transição dominada por dunas do tipo "hummocks" (dunas não coalescentes com expressão topográfica de 1 a 2 metros de altura), representando um tipo de fisiografia intermediária entre a planície arenosa e as dunas frontais.

De acordo com o esquema classificatório proposto por Wright *et al.* (1984), as praias ao longo desta restinga oscilam entre os estágios dissipativo e intermediários, freqüentemente, com a presença de uma ou mais barras paralelas à linha de costa.

A complexidade morfológica da antepraia e plataforma interna é o resultado de vários episódios transgressivos e regressivos gerados por mudanças glaciais e pós-glaciais do nível do mar.

A plataforma interna da área em estudo pode ser dividida em duas regiões diferentes (Fig. 1). A região norte, localizada desde a embocadura da Laguna dos Patos até as proximidades do Farolete da Verga, apresenta-se homogênea, sem maiores irregularidades topográficas. Em contraste, a região sul é caracterizada por uma série de bancos arenosos lineares com orientação nordeste-sudoeste (NE-SW), fazendo um ângulo em torno de 35 graus com a linha de praia (Figueiredo Jr., 1975). A morfologia atual da região sul pode ser definida como uma superfície "palimpsest", onde as feições relíquias têm sido parcialmente modificadas pela hidrodinâmica atual.



LITOLOGIA:  AREIA
 LAMA
 CASCALHO BIODETRÍTICO

BATIMETRIA (isóbatas em metros)

Fonte : FOLHAS DE BORDO D.H.N.

Modificado: Alberto G. Figueiredo Jr.

Projeção Mercado

ESCALA APROX. 1:267000

DATA: DEZ. 1976

Figura 1 — Área de estudo.

Maiores considerações sobre a evolução da plataforma continental durante o período transgressivo encontra-se descrito em Correa (1990).

FONTES DE SEDIMENTOS

Em geral, os sedimentos da área apresentam alta maturidade mineralógica tendo como fonte principal o complexo ígneo-metamórfico do escudo sul-rio-grandense e as rochas basálticas do planalto (Formação Serra Geral) (Pomerancblum & Costa, 1972). Os minerais provindos destas rochas foram transportados e espalhados sobre a costa por uma drenagem pleistocênica, diferente do atual sistema de drenagem. Assim, as areias pleistocênicas são a principal fonte dos sedimentos das praias modernas (Martins, 1967; Martins da Silva, 1976; Villwock, 1987).

Evidências de sedimentos pleistocênicos grosseiros, com características fluviais, foram detectados a profundidades em torno de 20 metros, nas proximidades do Parcel do Carpinteiro (Calliari & Abreu, 1984). Apesar de sua pequena representatividade, sedimentos com estas mesmas características foram detectados na região praial ao sul do Farol do Albardão (Fig. 1).

Concentrações notáveis de biodetritos ocorrem numa faixa de 30 km de extensão, entre os quilômetros 165 e 195 da praia do Cassino, ao sul do Farol do Albardão. Tais depósitos são provenientes do retrabalhamento de paleolinhas de praias afogadas durante a transgressão holocênica e/ou do retrabalhamento de depósitos concentrados na cava de bancos arenosos pela hidrodinâmica atual (Figueiredo Jr., 1975; Correa, 1983; Calliari & Klein, no prelo).

Apesar da sua contribuição mínima, a Laguna dos Patos também fornece material arenoso atual, estando o mesmo restrito à área de influência da descarga lagunar. Segundo Martins da Silva (1976), tal influência, na região sul, atinge as proximidades do Farol Sarita.

REGIME DE VENTOS, ONDAS E MARÉS

O regime de ventos está ligado às altas pressões subtropical e polar, representado pelo anticiclone semi-fixo do Atlântico Sul e do anticiclone polar. A alternância da ação desses dois anticiclones, durante o ano, faz com que ocorram ventos do quadrante NE, com maior frequência nos meses de setembro a fevereiro, enquanto que de abril a agosto predominam os ventos provenientes de SW (Godolphim, 1976).

De acordo com a classificação dinâmica global de costas, proposta por Davies (1964) e King (1972), a costa do Rio Grande do Sul é caracterizada como "Costa de Ondulação de Leste". Esses ambientes ocupam as baixas latitudes entre os cinturões de ondulações de tempestade. As ondas aí originadas, movem-se para fora como ondulações, atingindo as costas de baixa latitude como ondas construtivas, caracteristicamente longas e de pequena esbelteza.

A análise da "Sea and Swell Charts" para a costa do Rio Grande do Sul evidencia que a predominância,

tanto de vagas, como ondulações altas provenientes do quadrante sul são mais frequentes durante os meses de fevereiro a julho e de julho a janeiro respectivamente (Motta, 1969; Godolphim, 1976).

Motta (1963), analisando dados de ondas para a instalação de um terminal petrolífero oceânico em Tramandaí, distante 370 km ao norte do Rio Grande, verificou que as ondulações de maior energia e menor esbelteza provêm de SE. Por sua vez, as vagas mais curtas e esbeltas são mais frequentes de E. Segundo este mesmo autor, 23% dos dias por ano ocorrem vagas e ondulações cuja altura significativa de maior frequência é de 1,5 metros. Durante 16% do tempo a altura significativa é superior a 2 metros e, somente 3% do tempo é superior a 2,40 metros. O período significativo de maior frequência é de nove (9) segundos, ocorrendo uma distribuição normal em torno deste valor desde seis (6) até um máximo absoluto de dezoito (18) segundos.

As marés astronômicas são insignificantes na área em estudo, sendo os fatores meteorológicos os principais responsáveis pelas variações do nível d'água (maré meteorológica). Sendo insignificante a amplitude da maré, torna-se difícil separá-la do efeito das forças predominantes. Os resultados indicam máximas preamaras de 1,2 metros e mínimas baixamars de -0,22 metros, com uma média anual das variações diárias do nível da água de 0,47 metros, Malaval (1923); Duprat da Silva (1941).

Godolphim (1976), comparando as médias mensais das marés com a ocorrência de ventos fortes, observou a coincidência de ambos os fatores se apresentarem, nos meses de setembro, outubro e novembro, com os maiores valores mensais. Enquanto, em dezembro, janeiro, fevereiro e março, tanto os ventos fortes quanto as marés, apresentavam valores baixos.

TRANSPORTE LITORÂNEO AO LONGO DA COSTA DO RIO GRANDE DO SUL

Estudos realizados indicam que o transporte litorâneo, ao largo de Tramandaí, é considerável em ambos os sentidos na costa (de SW para NE e de NE para SW), porém, a capacidade de transporte proveniente de sudoeste para nordeste é superior àquela produzida de nordeste para o sudoeste (Motta, 1965; Tomazelli, 1990; Tomazelli & Villwock, no prelo). As características das praias adjacentes aos molhes construídos nos quatro principais "inlets" ocorrentes na costa do Rio Grande do Sul (Chuí, Rio Grande, Tramandaí e Torres), bem como a orientação geral das embocaduras corroboraram as observações feitas por Motta, *op. cit.*; Tomazelli, *op. cit.*; e Tomazelli & Villwock, *op. cit.*

Levantamentos efetuados pela antiga Diretoria de Obras do Porto e Barra do Rio Grande, em março de 1941 (Calliari, 1980), indicam que a linha de praia, a partir do pontal sul da embocadura (base do molhe oeste), entre 1885 e 1922, aumentou 1.040 metros, com uma média de 28 m/ano. Long & Paim (1987), baseados em cartas obtidas entre 1875 e 1952 verificaram que a praia, ao norte da embocadura, experimentou uma erosão regular de 400 metros, ou seja, aproxima-

damente 5 m/ano. Tais levantamentos parecem indicar que a potência hidráulica do canal, mesmo antes da fixação dos molhes, atuaria como uma barreira natural ao transporte dos sedimentos causando um desequilíbrio no balanço sedimentar litorâneo.

METODOLOGIA

A morfologia praial foi obtida, para o período de um ano (Março 1991/1992), através do método da estádia, idealizado por Birkemeier (1981). Perfis consecutivos, para cada estação, foram levantados com base em um nível de referência (datum) obtido em relação ao nível do mar por ocasião de uma maré baixa de sizígia. Embora a maioria dos perfis estejam restritos à porção subaérea, muitos se prolongam até a zona subaquosa.

Através do programa de computação ISRP, desenvolvido por Birkemeier (1985), foram obtidas mudanças de volume para distâncias comuns a dois perfis, calculados sobre cortes verticais em células de erosão ou acreção. O volume calculado expresso em m^3/m corresponde à área da secção transversal multiplicada por uma unidade de largura (1 m).

Variações de volume médio do envelope acima do "datum" e o seu desvio-padrão, também foram calculados para cada localidade.

A altura significativa da arrebentação (H_b 1/3) foi obtida visualmente, medindo-se a diferença em altura, entre a crista e a cava da ondulação, em um determinado ponto dentro da zona de arrebentação. Mediu-se, também, o período das ondas (T), correspondente a 1/10 do tempo total decorrido para a passagem de onze cristas consecutivas em um ponto fixo.

Os valores de velocidade média de decantação das partículas sedimentares (W_s) foram extraídos de tabelas calculadas a partir da equação de Gibbs *et al.* (1971), introduzindo-se na mesma as correções calculadas para grãos naturais segundo a equação de Baba & Komar (1981).

Foram também utilizados os parâmetros morfométricos: Ω ($H_b/T \cdot W_s$), declividade do estirâncio, largura média da praia (Y_b), desvio-padrão da largura da praia (σY_b - índice de mobilidade da linha de costa) e coeficiente de variação da posição média desta largura (CV - índice de mobilidade do pós-praia), descritos por Short & Hesp (1982). Segundo estes autores, tais parâmetros são sensivelmente diferentes para os vários estágios de praia.

O parâmetro adimensional Ω ($H_b/T \cdot W_s$) foi utilizado por Wright & Short (1984) para caracterizar a morfodinâmica de um sistema praial. Segundo estes autores, à medida que as praias se ajustam a um estado de equilíbrio, em função das condições ambientais locais, as mesmas variam entre dois estágios morfodinâmicos extremos:

1) praias reflectivas predominantemente íngremes, com zona de arrebentação estreita, onde grande parte da energia das ondas incidentes é refletida;

2) praias dissipativas caracterizadas por um baixo declive, ampla zona de arrebentação, com uma ou múl-

tiplas barras, onde as ondas dissipam a maior parte da energia antes de atingir o estirâncio.

Entre estes dois extremos ocorrem quatro estágios intermediários com características próprias. Quando

$\Omega < 1$, a praia permanecerá no extremo reflectivo; quando $\Omega > 6$, a praia permanecerá completamente dissipativa; para valores de $1 < \Omega < 6$, a praia tende a permanecer em um dos estágios intermediários.

Segundo Short & Hesp (1982) índices excelentes para caracterizar a mobilidade de uma praia, isto é, deslocamentos perpendiculares à linha de praia, são fornecidos pelo desvio-padrão (Índice de Mobilidade da Linha de Praia = σY_b) e pelo coeficiente de variação da posição média desta linha (Índice de Mobilidade do Pós-Praia = CV). Baixos valores indicam baixa mobilidade e altos valores caracterizam uma praia móvel, suscetível a episódios de erosão-acreção.

Para uma melhor visualização das máximas mudanças que ocorreram para os diferentes ambientes da praia (pós-praia, estirâncio e zona subaquosa) plotou-se, junto ao envelope dos perfis, as máximas variações verticais.

RESULTADOS

Os resultados obtidos durante o período de estudo evidenciam variações espaciais significativas nas características praiais, ao longo da área de estudo. Tais variações são devidas à influência lagunar restrita às proximidades da embocadura da Laguna dos Patos, e à presença localizada de biodetrítos ao sul do Farol do Albardão.

Os sedimentos mais finos encontrados na região do Terminal e Querência evidenciam a influência lagunar (Fig. 2). Esta área caracteriza-se por apresentar as mais baixas declividades do estirâncio ($1^\circ - 2^\circ$).

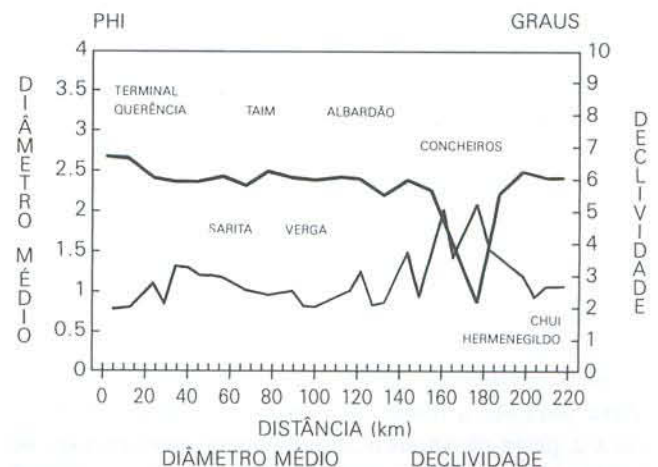


Figura 2 — Diâmetro médio (agosto-90) X Declividade do estirâncio (média para o período de estudo), entre Cassino e Chui, RS.

Entre os quilômetros 165 e 195, ao sul da praia do Cassino, os sedimentos são bimodais, caracterizados por uma mistura de areia fina quartzosa mais cascalho e areia biodetríticos. Como consequência, esta região conhecida como "Concheiros ou Colchões do Albardão" apresenta, na zona do estirâncio os máximos valores de declividade ($>5^\circ$) (Fig. 2). Um aumento do

nível de energia, durante tempestades de ondulação, imprime à esta área uma característica morfológica única, ou seja, causa erosão no perfil praial com a formação de escarpas quase contínuas de altura variável (0,5 a 1,20 m), a aproximadamente 50 metros da linha d'água (Fig. 3).



Figura 3 — Escarpa de erosão nos Concheiros.

Feições secundárias, sob a forma de cúspides praiais acentuados são comuns, dificultando sobremaneira a já difícil trafegabilidade na área.

Diferenças espaço-temporais significativas são evidenciadas quando se plotam perfis sequenciais (envelope) da praia e da zona de arrebentação para os locais estudados (Figs. 4 a-e), de maneira similar à idealizada por Short & Wright (1983). Tais perfis, além de ilustrarem a variabilidade morfológica, indicam também a dinâmica de cada sistema praial.

Na porção subaérea, o envelope dos perfis mostra que as localidades do Terminal e Querência, contrariamente às outras praias estudadas, apresenta uma mobilidade marcante na região abrangida pelo pós-praia e dunas embrionárias.

Máximas variações verticais no envelope ocorrem na região entre o limite inferior do pós-praia e a zona inferior do estirâncio, atingindo valores máximos em torno de 1,25 metros nas praias do Sarita, Concheiros e Hermenegildo (Figs. 4 a-e).

Embora não se disponha de informações morfológicas sequenciais significativas para a zona de arrebentação, verifica-se que a mesma é caracterizada por uma alta mobilidade, com amplitudes verticais similares às verificadas para a porção subaérea. As observações indicam a existência, quase contínua, de pelo menos uma barra paralela à distância variável da linha de praia. Para a praia da Querência esta barra, geralmente, se localiza a cem (100) metros da linha d'água.

Mudanças sazonais são evidenciadas ao longo de toda a área, sendo mais significativas ao sul do Balneário Querência. Tal sazonalidade é caracterizada pela presença freqüente de bermas acentuadas, com posição variável, nos perfis praiais. Tal feição ocorre predominantemente no período compreendido entre os meses de novembro e março.

Nota-se diferenças morfodinâmicas entre os sistemas praiais, quando se comparam os parâmetros mor-

fométricos definidos por Short & Hesp (1982), conforme pode-se visualizar na Tabela 1.

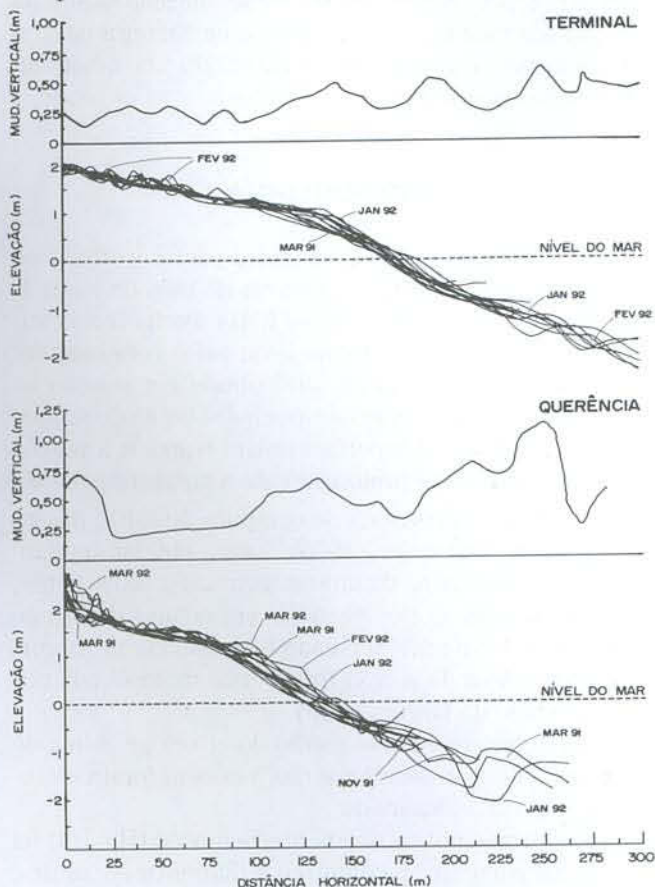


Figura 4a — Perfis sobrepostos e mudanças verticais para as praias do Terminal e Querência.

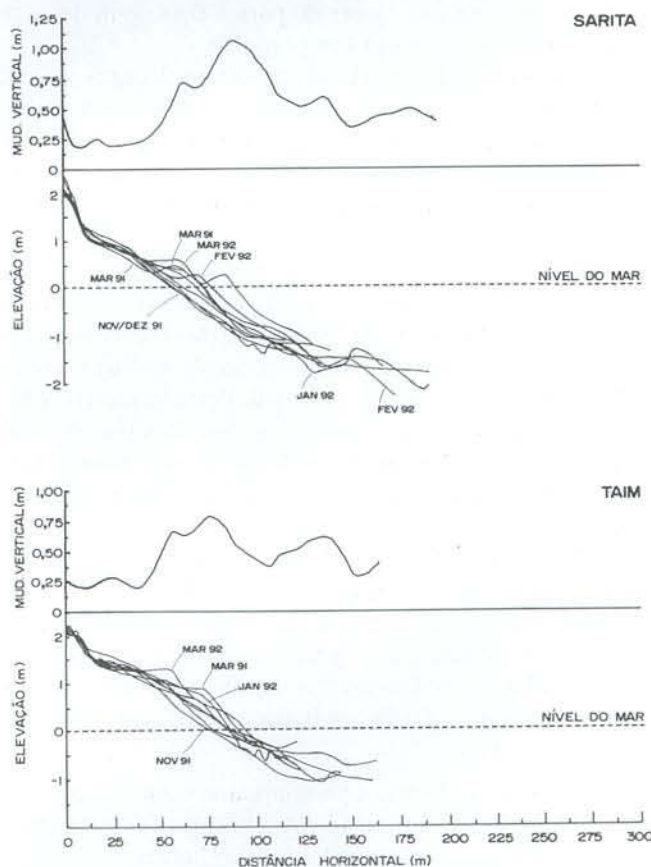


Figura 4b — Perfis sobrepostos e mudanças verticais para as praias do Sarita e Taim.

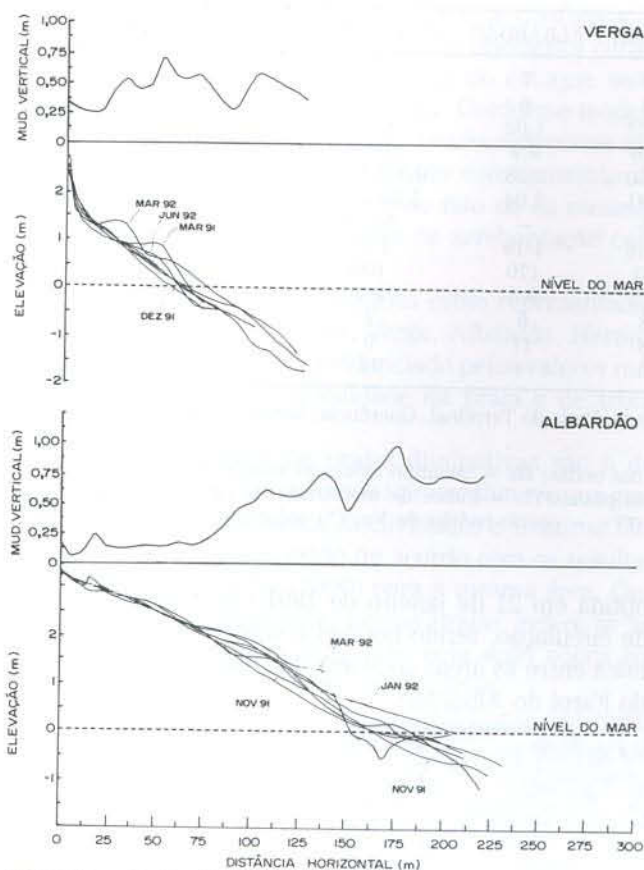


Figura 4c — Perfis sobrepostos e mudanças verticais para as praias da Verga e Albardão.

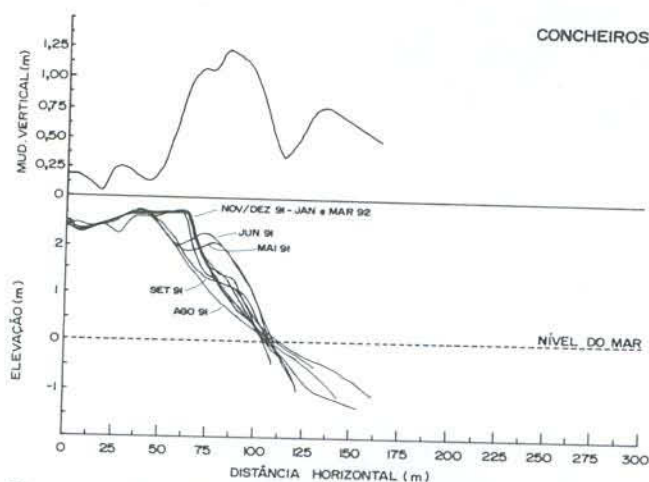


Figura 4d — Perfis sobrepostos e mudanças verticais para a praia dos Concheiros.

Apesar da baixa frequência de observações, os valores de Ω (Tabela 1), indicam que o Terminal apresenta características dissipativas. Contrariamente, os Concheiros apresentam características mais reflectivas. As demais localidades apresentam valores de Ω característicos de praias em estágios intermediários.

A Tabela 1 indica que existem diferenças significativas no índice de mobilidade do pós-praia (CV) ao longo da área de estudo. As praias do Terminal, Quêrência e Concheiros (esta última com menores índices) apresentam baixos valores. Máximos valores caracterizam as praias do Sarita e Hermenegildo.

Com relação às variações de volume, estas são mais expressivas ao Sul do Farol do Albardão.

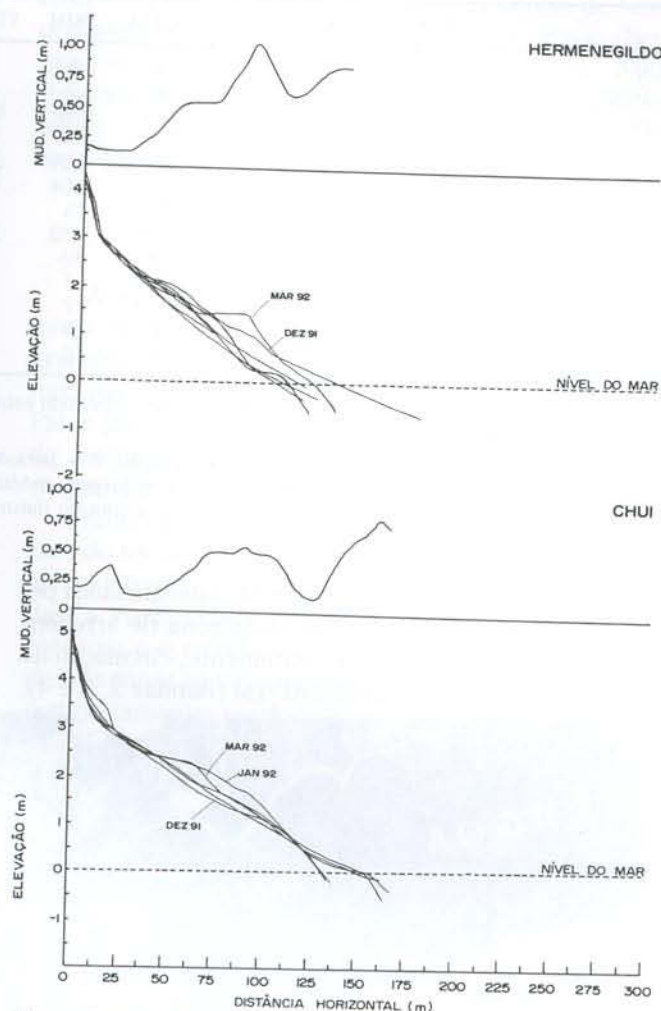


Figura 4e — Perfis sobrepostos e mudanças verticais para as praias do Hermenegildo e Chuf.

DISCUSSÃO

Vários estudos (Bascom, 1951; Sunamura & Hori-kawa, 1974; Sunamura, 1984) têm demonstrado os principais fatores que controlam a declividade de uma praia. Estes fatores incluem as características dos sedimentos da praia (tamanho, grau de selecionamento e densidade dos grãos) e as propriedades das ondas (esbeltez, altura e período).

As marcantes diferenças espaciais em declividade, ocorrentes ao longo da área estudada, são primordialmente devidas a mudanças na granulometria, ou seja, à ocorrência de sedimentos bimodais (areia fina quartzosa mais cascalho e areia biotetríticos), ao Sul do Albardão.

A variabilidade em estágios morfodinâmicos, ao longo da área de estudo, são visíveis quando se analisa a Figura 4 a-e. Praias ao Sul do Albardão, segundo o modelo proposto por Wright and Short (1984), oscilam entre os estágios intermediários com características mais reflectivas. Tal fato é evidente quando se analisa os Índices de Mobilidade da Linha de Praia ($\sigma Y b$) e Pós-Praia (CV) e as Variações de Volume do envelope acima do "datum".

	TERMINAL	QUERÊNCIA	SARITA	TAIM	VERGA	ALBARDÃO	CONCHEIROS	HERMENEGILDO	CHUI
N	14	15	9	8	7	7	10	7	5
MESES	10	11	8	7	5	6	8	5	5
Hb (m)	0,70	0,64	0,74	0,80	0,77	1,02	0,99	0,86	0,90
T (s)	8,2	8,7	8,5	8,4	9,0	9,9	10,5	7,5	7,5
Mz (PHI)	2,88	2,50	2,50	2,38	2,50	2,38	0,5/2,25 (*)	2,50	2,50
Ws (cm/s)	1,25	1,81	1,81	2,04	1,81	2,04	2,20/15,00	1,81	1,81
Ω	7	5	5	5	5	—	0,5/4	—	—
DECLIVIDADE	1:30	1:30	1:23	1:22	1:18	1:19	1:13	1:22	1:26
Yb (m)	183	134	70	85	63	170	109	118	147
σYb (m)	5	7	10	6	5,5	9,5	2,5	15	12
CV (%)	3	5	14	7	8	6	2	12	8
Vv (m ³ /m)	5	4	4	8	8	17	9	19	20
σVv (m ³ /m)	3	3	3	3	5	4	11	11	12

Tabela 1 — Parâmetros morfométricos medidos durante o período estudado. Praia do Terminal, Querência, Sarita, Taim, Verga, Albardão, Concheiros, Hermenegildo e Chui.

N = número de pesquisas; Hb = altura da arrebenção; T = período das ondas; Mz = tamanho médio do sedimento; Ws = velocidade de sedimentação das partículas; Ω = Hb/T.Ws; Yb = largura média da praia; σYb = índice de mobilidade da praia; CV = índice de mobilidade do pós-praia; Vv = variação de volume acima do datum; σVv = desvio-padrão de Vv; (*) sedimento bimodal (os valores representam as modas); — sem dados.

Tais resultados parecem estar consubstanciados pelo comportamento hidrodinâmico da zona de arrebenção, a qual apresenta, freqüentemente, circulação do tipo "rip". A imagem LANDSAT/TM (Bandas 2, 3 e 4),

obtida em 21 de janeiro de 1991 exemplifica este tipo de circulação, sendo notável o contraste da hidrodinâmica entre as áreas ao Norte (Fig. 5a) e ao Sul (Fig. 5b) do Farol do Albardão.



0 5 10 15 KM



0 5 10 15 KM

Figuras 5a-b — Comportamento hidrodinâmico da zona de arrebenção na área ao Norte (a) e ao Sul (b) do Farol do Albardão. Evidências de circulação do tipo "rip" em função da ocorrência de cúspides praias acentuadas na área dos concheiros.

Em termos de evolução de perfil, a configuração dos Concheiros de novembro a junho apresenta características reflectivas, com a maioria do estoque sedimentar na porção subaérea da praia. Conforme modelo descrito por Wright *et al.* (1979), praias reflectivas são mais suscetíveis de sofrerem erosão com aumento da energia das ondas. Isto se deve ao fato de as mesmas apresentarem uma estreita zona de arrebentação com mínima reserva de sedimento.

Características intermediárias estão representadas pelas praias do Sarita, Taim, Verga, Albardão, Hermenegildo e Chuí, conforme evidenciado pelos valores máximos dos Índices de Mobilidade da praia e de troca sedimentar.

Exemplos típicos de praias dissipativas são a do Terminal e Querência, as quais apresentam menor granulometria, as mais baixas declividades e máxima largura. Tais observações estão de acordo com os resultados obtidos por Santos (1990) para a mesma área. Outra característica marcante, nessas praias, refere-se às mudanças morfológicas induzidas pela ação eólica na região do pós-praia e dunas embrionárias.

Estudos comparativos efetuados durante um curto período de tempo, coincidentes com a passagem de frentes frias (junho a agosto de 1991), mostraram variações máximas de volume da ordem $40 \text{ m}^3/\text{m}$ ao Sul do Albardão. Durante este mesmo período, o restante da área mostrou variações máximas de $20 \text{ m}^3/\text{m}$.

Apesar da baixa frequência de dados, nota-se valores altos para o Índice de Mobilidade do Pós-Praia (CV) para as praias do Sarita e Hermenegildo indicando, assim, a grande suscetibilidade a episódios de erosão e acreção. A presença de escarpas, indicativas de erosão, nas dunas frontais são feições comuns nesta área (Fig. 6).



Figura 6 — Erosão das dunas frontais (proximidades do Farol do Sarita).

As mudanças temporais na configuração dos perfis indicam uma tendência à bisazonalidade, com predominância do perfil de acreção (swell) entre novembro e março, e perfil de erosão (storm) entre abril e outubro como resultado do regime de ondas dominantes na costa do Rio Grande do Sul. De acordo com estudos efetuados por Gianuca (1985) e Santos (1990), a presença de energia de ondas moderada durante a primavera e verão caracterizaria a presença do perfil de acreção durante este período.

A ocorrência de energia de onda mais elevada du-

rante o outono, associada à maior frequência de tempestades, levam à formação do perfil de erosão (Bernardi *et al.*, 1987; Santos, *op. cit.*; Tomazelli, 1990; Tomazelli & Villwock, no prelo; e Calliari & Klein, no prelo). Durante o período de observação, esta sazonalidade ficou bem evidenciada nos Concheiros.

CONCLUSÕES

A variabilidade em estágios morfodinâmicos, ao longo da área, deve-se, principalmente, a variações granulométricas associadas à restrita influência lagunar, nas proximidades da embocadura da Laguna dos Patos (até o Farol do Sarita), e à ocorrência localizada de sedimentos grosseiros (areia e cascalho bioturbados) ao sul do Farol do Albardão (Concheiros).

Embora a frequência de observações morfodinâmicas não tenha sido consideravelmente elevada, a ponto de se determinar o estágio "modal" das praias estudadas, a variabilidade descrita pelos parâmetros morfométricos e o envelope dos perfis indicam a existência de três zonas ao longo da área de estudo com diferentes comportamentos morfodinâmicos: proximidades da Barra de Rio Grande com características dissipativas, a região dos Concheiros com características intermediárias a reflectivas e, as demais, com características intermediárias. Tais variações longitudinais nas características morfodinâmicas corroboram (especialmente para o extremo sul da área) as observações feitas por Seeliger (1992), a respeito da inter-relação entre as características praias e a fisiografia das dunas frontais ao longo da restinga.

Superimposto neste padrão de comportamento morfodinâmico, verifica-se uma diferenciação bisazonal, com predominância do perfil de acreção entre novembro e março e perfil de erosão entre abril e outubro, em função da sazonalidade do clima de ondas na costa do Rio Grande do Sul.

Diferenças marcantes na mobilidade da região do pós-praia, induzidas pela ação eólica, estão associadas às diferentes características morfodinâmicas apresentadas pelos sistemas praias estudados. Assim, as menores mobilidades, nesta área do perfil, estão associadas às praias com tendências intermediárias a reflectivas. A associação entre a maior granulometria e características mais reflectivas faz com que a menor mobilidade do pós-praia ocorra na região dos Concheiros.

Agradecimentos — Nossos mais sinceros agradecimentos à Oc. Maria Inês F. dos Santos, ao Dr. Ulrich Seeliger e ao Dr. Jorge Alberto Villwock pela leitura crítica e sugestões quando da confecção do manuscrito. Nossos agradecimentos, também, ao Ac. Heitor Tözzi pela confecção das fotografias e participação nos trabalhos de campo. Projeto financiado pela FAPERGS, processo N° 90.1226.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baba, J. & Komar, P. D. 1981. Measurements and analysis of settling velocities of natural quartz sand grains. *Journal of Sedimentary Petrology*, 51: 631-40.

- Bascom, W. N. 1951. The relationship between sand-size and beach face slope. *Trans. Am. Geophys. Union.*, 32: 866-874.
- Bernardi, H., Cordazzo, C. V. & Costa, C. S. B. 1987. Efeito de ressacas sobre *Blutaparon portucaloides* (St. Hill) Mears, nas dunas costeiras do sul do Brasil. *Ciências e Cultura*, 39 (5/6): 545-547.
- Birkemeier, W. A. 1981. *Fast Accurate Two-person beach survey*. Coastal Engineering Technical Aid 81-11. U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi. 22 p.
- . 1985. *A User's Guide to ISRP: The Interactive Survey Reduction Program*. Instruction Report CERC-84-1. U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi. 101 p.
- Calliari, L. J. 1980. *Aspectos Sedimentológicos e Ambientais na Região Estuarial da Lagoa dos Patos*. Curso de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. 190 p.
- & Abreu, J. G. 1984. Litologia da plataforma continental interna adjacente a cidade de Rio Grande (RS), através da interpretação de sonar de varredura lateral e amostragem superficial. *Anais, 33º Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro, SBG, Vol. II: 1553-1564.
- , Klein, A. H. F. Variabilidade das Praias Oceânicas entre Cassino e Chuf, RS. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. S. Paulo, (no prelo).
- Correa, I. C. S. 1990. *Analyse Morphostructurale et Evolution Paleogeographique de la Plate-Forme Continentale Atlantique Sul-Bresilienne*. Université de Bordeaux I, Bordeaux, France. Thèse du Docteur. 314 p.
- . 1983. Depósitos de Material Carbonático da Plataforma Continental Interna do Rio Grande do Sul, Brasil. *Proceedings, International Conference on Marine Resources of The Pacific*. Viña del Mar, Chile. Arana, P. M. (ed.), p. 155-163.
- Duprat da Silva, F. 1941. Relatório da Enchente de Maio de 1941. *Diretoria de Obras do Porto e Barra do Rio Grande*. Rio Grande, Ministério dos Transportes - DNPVN (Relatório Interno).
- Figueiredo Jr., A. G. 1975. *Geologia dos Depósitos Calcários Biocásticos da Plataforma do Rio Grande do Sul*. Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. 72 p.
- Gianuca, N. M. 1985. *The Ecology of a Sandy Beach in Southern Brazil*. University of Southampton, Southampton, England. Ph. D. Thesis. 330 p.
- Gibbs, R. T., Matthew, M. D. & Link, D. A. 1971. The relationship between size and sorting velocity. *J. Sedim. Petrol.*, 41: 07-18.
- Godolphim, M. F. 1976. *Geologia do Holoceno Costeiro da Área de Rio Grande, RS*. Curso de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. 146 p.
- King, C. A. M. 1972. *Beaches and Coasts*. Edward Arnold, London. 573 p.
- Long, T. & Paim, P. S. G. 1987. Modelo de evolução histórica e Holocênica do estuário da Lagoa dos Patos. *Anais, 2º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, Porto Alegre, ABEQUA, p. 227-248.
- Martins, L. R. S. 1967. Aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *Publicação especial. Escola de Geologia, UFRGS*, Porto Alegre, 18: 1-55.
- Martins da Silva, M. A. 1976. *Mineralogia das Areias de Praia entre Rio Grande e Chuf, Rio Grande do Sul*. Curso de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. 93 p.
- Motta, V. F. 1963. *Relatório-análise e previsão das alturas de ondas em Tramandaí*. Porto Alegre, 30 p. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS (IPH/UFRGS).
- . 1969. *Relatório-diagnóstico sobre a melhoria e o aprofundamento do acesso pela Barra do Rio Grande*. Porto Alegre, 114 p. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS (IPH/UFRGS).
- Pomerancblum, M. & Costa, M. P. A. 1972. Integração de informações sobre os minerais pesados na Plataforma Continental Brasileira. *Anais, 26º Congresso Brasileiro de Geologia*, São Paulo, SBG, 3: 179-186.
- Santos, P. J. P. 1990. *Ecologia de Scolelepis gaúcha (Polychaeta: Spionidae) nas Praias do Rio Grande do Sul: uma Abordagem Dinâmica da Interação População-Ambiente*. Curso de Pós-graduação em Oceanografia Biológica, Fundação Universidade de Rio Grande. Dissertação de mestrado. 180 p.
- Seeliger, U. 1992. Coastal Foredunes of Southern Brazil: Physiography, Habitats, and Vegetation. In: Seeliger, U. (ed) *Coastal Plant Communities of Latin America*. San Diego, Academic Press, p. 367-381.
- Short, A. D. 1980. Beach response to variation in breaker height. *Proceedings, 17º International Conference of Coastal Engineering*, Sidney, ASCE. p. 1016-1035.
- & Hesp, P. A. 1982. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, 48: 259-284.
- & Wright, L. D. 1983. Physical variability of sandy beaches. In: McLachlan, A. & Erasmus, T. (eds.). *Sandy beaches as ecosystems*. The Hague, Dr. Junk Publishers, 133-144.
- Sonu, C. J. 1973. Three-dimensional beach changes. *Journal of Geology*, 81: 42-64.
- Sunamura, T. 1984. Quantitative predictions of beach-face slopes. *Geological Society of America Bulletin*, 95: 242-245.
- & Horikawa, K. 1974. Two dimensional beach transformation due to waves. *Proceedings, 14º International Conference of Coastal Engineering*, ASCE. p. 920-939.
- Tomazzelli, L. J. 1990. *Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul - com ênfase no sistema eólico*. Curso de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Porto Alegre. 270 p.
- & Villwock, J. A. 1992. Algumas considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, 19 (1): 3-12.
- Vieira, E. F. & Rangel, S. R. S. 1988. *Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Geografia Física, vegetação e dinâmica sócio-demográfica*. Porto Alegre, Sagra. 256 p.
- Villwock, J. A. 1987. Processos costeiros e a formação das praias arenosas e campos de dunas ao longo da costa Sul e Sudeste Brasileira. *Simpósio sobre Ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira*, Porto Alegre, ACIESP, 54: 1/1.
- Wright, L. D. & Short, A. D. 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Marine Geology*, 56: 93-118.
- , Chappell, J., Thom, B. G., Bradshaw, M. P. & Cowell, P. 1979. Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems, Southeastern Australia. *Marine Geology*, 32: 105-140.
- , May, S. K., Short, A. D. & Green, M. O. 1984. Beach and surf zone equilibria and response times. *Proceedings, 19º International Conference of Coastal engineering*, Houston, Texas, ASCE. p. 2150-2164.